



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 199 06 638 C 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 P 6/16**  
H 02 K 41/035

②① Aktenzeichen: 199 06 638.8-42  
②② Anmeldetag: 18. 2. 1999  
④③ Offenlegungstag: -  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 31. 8. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**  
FESTO AG & Co, 73734 Esslingen, DE

⑦④ **Vertreter:**  
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter &  
Abel, 73728 Esslingen

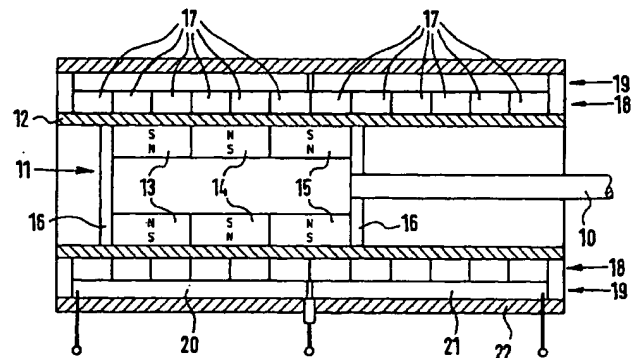
⑦② **Erfinder:**  
Hartrampf, Ralf, 71332 Waiblingen, DE

⑤⑥ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:**

DE	197 48 647 A1
DE	42 13 866 A1
US	46 16 153
EP	06 43 470 A1

⑤④ **Elektromagnetisches Antriebssystem, insbesondere Linearantrieb**

⑤⑦ Es wird ein elektronisches Antriebssystem, insbesondere ein Linearantrieb, vorgeschlagen, der ein den Stator bildendes Antriebsspulensystem (18) aufweist, das aus wenigstens zwei in der Antriebsrichtung hintereinander angeordneten Antriebsspulen (17) besteht. Ein in der Antriebsrichtung innerhalb des Antriebsspulensystems (18) bewegbarer Läufer (11) enthält wenigstens einen Permanentmagneten (13-15). Eine Antriebs- und/oder Stellspannung dient zur Erregung des Antriebsspulensystems (18). Ein zwei gleiche Spulenbereiche (20, 21) aufweisendes zusätzliches Meßspulensystem (19) erstreckt sich im wesentlichen entlang des gesamten Antriebsspulensystems (18), wobei das Meßspulensystem (19) von einer Wechselspannung beaufschlagt ist, und die Differenz der Spannungen an den beiden Spulenbereichen (20, 21) zur Bildung eines Positionsmeßsignals vorgesehen ist, das dazu dient, die Position des Läufers zu erfassen.



**DE 199 06 638 C 1**

**DE 199 06 638 C 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisches Antriebssystem, insbesondere einen Linearantrieb, mit einem den Stator bildenden Antriebsspulensystem, das aus wenigstens zwei in der Antriebsrichtung hintereinander angeordneten Antriebsspulen besteht, mit einem wenigstens einen Permanentmagneten enthaltenden, in der Antriebsrichtung innerhalb des Antriebsspulensystems bewegbaren Läufer, mit einer insbesondere getakteten Antriebs- und/oder Stellspannung zur Erregung des Antriebsspulensystems und mit einer Positionsmeßvorrichtung für den Läufer.

Bei einem derartigen, aus der DE 197 48 647 A1 bekannten Antriebssystem werden die Antriebsspulen gleichzeitig als Positionsmeßvorrichtung für den Läufer eingesetzt. Hierzu sind zum einen eine relativ aufwendige Meßschaltung und ein relativ aufwendiger Meßgenerator erforderlich, und zum anderen bedingt dieses Meßsystem eine ungerade Anzahl von Permanentmagneten am Läufer, so daß konstruktive Einschränkungen die Folge sind. Darüber hinaus sind aufwendige Maßnahmen zu treffen, um eine gegenseitige Beeinflussung von Antriebs- und Meßspannung zu verhindern, die eine entsprechend aufwendige und teure Elektronik zur Folge haben.

Aus der US 4 616 153 ist ein Linearantrieb bekannt, der einen Stator mit Permanentmagneten und in axialer Fortsetzung zwei Sensorwicklungen aufweist. Der Läufer trägt zwei Antriebsspulen, wobei jede Antriebsspule eine axiale Länge aufweist, die der der Permanentmagnete oder der beiden Sensorwicklungen entspricht. Zur Positionsbestimmung wird an die Sensorwicklungen eine Wechselspannung angelegt, und die Differenz der in beiden Sensorwicklungen gemessenen Spannungen ist zur Bildung eines Positionsmeßsignals vorgesehen. Diese Anordnung ist nur für kurze Linearwege vorgesehen und geeignet, was insbesondere auch für die Positionsmessung gilt.

Aus der EP 0 643 470 A1 ist ein Linearmotor bekannt, dessen Stator aus einem zylindrischen Blechpaket mit mehreren ausgeprägten Polen besteht. Die Pole weisen über den Umfang gesehen unterschiedliche Luftspaltweiten auf, so daß durch Bestromung der entsprechenden Antriebswicklungen ein Wanderfeld entsteht. Zusätzlich sind eine oder mehrere Sensorwicklungen auf entsprechende Pole gewickelt, mit denen die Position des mit Permanentmagneten bestückten Läufers erfaßt werden kann. Die Anordnung der Antriebswicklungen und die auf die Pole gewickelten Sensorwicklungen bilden eine sehr aufwendige und dadurch kostenintensive Anordnung.

Aus der DE 42 13 866 A1 ist ein Positionssensor zur Erfassung von Drehbewegungen mit hoher Auflösung bekannt, wobei auch lineare Bewegungen möglich sein sollen, ohne daß dies näher erläutert wird. Der Positionssensor besteht aus mindestens zwei Spulen, die mit einer Wechselspannung beaufschlagt werden. Die Spannung an den Spulen wird abgegriffen und einer Mustererkennung zugeführt, die zur Positionsbestimmung dient. Ein Antriebssystem oder ein mit einer Positionserfassung kombiniertes Antriebssystem ist nicht vorgesehen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein elektromagnetisches Antriebssystem mit einer Positionsmeßvorrichtung zu versehen, die einfacher aufgebaut ist und bei der eine gegenseitige Beeinflussung von Meßspannung und Antriebsspannung nicht zu befürchten ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sich ein zwei gleiche Spulenbereiche aufweisendes zusätzliches Meßspulensystem im wesentlichen entlang des gesamten Antriebsspulensystems erstreckt, wobei das Meßspulensystem von einer Wechselspannung beaufschlagt ist

und die Differenz der Spannungen an den beiden Spulenbereichen zur Bildung eines Positionsmeßsignals vorgesehen ist.

Durch die von den Antriebsspulen galvanisch getrennten Spulenbereiche des Meßspulensystems können für den Antrieb des Läufers und für die Messung beliebige, voneinander unabhängige Spannungen verwendet werden, und eine Beeinflussung der Meßvorrichtung durch die Antriebsspannung ist nicht zu befürchten, so daß sehr exakte Meßwerte erreicht werden können. Die Auswerteschaltung und die erforderliche Spannung für das Meßspulensystem sind sehr einfach und kostengünstig, so daß der Mehraufwand für das zusätzliche Meßspulensystem kompensiert werden kann.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen elektromagnetischen Antriebssystems möglich.

Das Antriebsspulensystem und das Meßspulensystem sind vorzugsweise übereinandergewickelt, so daß lediglich ein zusätzlicher Wickelvorgang erforderlich ist.

Die Länge des Läufers entspricht im wesentlichen der Länge eines Spulenbereichs des Meßspulensystems, um exakte Meßergebnisse zu erlangen.

Eine besonders exakte Messung kann dadurch erreicht werden, daß die beiden Spulenbereiche des Meßspulensystems zusammen mit zwei Widerständen und/oder Induktivitäten eine Meßbrücke bilden, wobei das am Querzweig abgegriffene Signal zur Bildung des Positionsmeßsignals vorgesehen ist. Dabei ist vorzugsweise eine Meßsignal-Aufbereitungsanordnung vorgesehen, die zur Verstärkung des Meßsignals einen Meß- oder Differenzverstärker enthält.

Zur Signalaufbereitung sind vorzugsweise noch ein Demodulator und/oder ein Tiefpaß dem Meß- oder Differenzverstärker nachgeschaltet.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung des Läufers besitzt dieser mehrere, in der Antriebsrichtung aneinandergereihte, radial magnetisierte Ringmagnete, deren Zahl in vorteilhafter Weise beliebig sein kann. Die Ringmagnete sind dabei abwechselnd entgegengesetzt polarisiert, und die axiale Länge eines Ringmagneten entspricht bei zweiphasigem Aufbau in einer vorteilhaften Ausführung der doppelten Länge bzw. bei dreiphasigem Aufbau der dreifachen Länge einer Antriebsspule.

Das Antriebssystem ist vorzugsweise als zweiphasiges System elektronisch kommutiert, und die Hälfte bzw. ein Drittel der Antriebsspulen bildet eine erste Reihenschaltung und die andere Hälfte bzw. die anderen Drittel eine zweite Reihenschaltung bzw. eine zweite und dritte Reihenschaltung, wobei in einer Reihen-anordnung abwechselnd eine Antriebsspule der ersten und eine Antriebsspule der zweiten und, sofern vorhanden, eine Antriebsspule der dritten Reihenschaltung vorgesehen ist. Dabei sind in jeder der Reihenschaltungen abwechselnd entgegengesetzte gepolte Antriebsspulen angeordnet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Längsschnittdarstellung eines elektromagnetischen Antriebssystems als Ausführungsbeispiel der Erfindung und

Fig. 2 das Schaltbild einer Auswerteschaltung für das Meßspulensystem.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten, als Linearantrieb ausgebildeten elektromagnetischen Antriebssystem ist ein mit einer konzentrischen Abtriebsstange 10 versehener Läufer 11 in einer rohrförmigen Lagerhülse 12 längsverschiebbar geführt. Der Läufer besteht aus drei in der Bewegungsrichtung aneinandergereihten Ringmagneten 13-15, die abwechselnd

gegenseitig radial magnetisiert sind. Zwei Lagerringe 16 begrenzen die Anordnung der drei Ringmagnete 13-15.

Ein aus zwölf Antriebsspulen 17 bestehendes Antriebsspulensystem 18 ist am Außenumfang der Lagerhülse 12 angeordnet. Beispielsweise werden die einzelnen Antriebsspulen 17 in fertiggewickeltem Zustand auf die Lagerhülse 12 aufgeschoben, oder die Lagerhülse 12 wird entsprechend bewickelt. Das zweiphasige Antriebsspulensystem besitzt eine Länge, die der doppelten Länge des Läufers 11 bzw. der Anordnung der Ringmagnete 13-15 entspricht. Dabei besitzt jede Antriebsspule 17 die halbe axiale Länge eines Ringmagneten. Jeweils sechs Antriebsspulen 17 sind in Reihe geschaltet, so daß insgesamt zwei Reihenschaltungen zur Bildung des zweiphasigen Systems vorliegen. In jeder Reihenschaltung sind jeweils drei Antriebsspulen umgekehrt polarisiert, um eine einheitliche Krafrichtungswirkung zu erreichen. Ein derartiger elektrodynamischer Linearantrieb als Schlittenantrieb ist beispielsweise aus der DE-197 48 647 A1 bekannt.

Die Zahl der Ringmagnete 13-15 und Antriebsspulen 17 ist selbstverständlich nicht auf die des Ausführungsbeispiels beschränkt, sondern kann prinzipiell beliebig gewählt werden und hängt nicht zuletzt vom gewünschten zur Verfügung stehenden Hub ab. Weiterhin kann anstelle des beschriebenen zweiphasigen Systems auch ein dreiphasiges System treten.

Auf dem Antriebsspulensystem 18, das heißt am Außenumfang des Antriebsspulensystems 18, befindet sich ein konzentrisches Meßspulensystem 19, das aus zwei gleichen Spulenbereichen 20, 21 besteht, die sich über die gesamte Länge des Antriebsspulensystems 18 erstrecken. Ein rohrförmiges Eisenrückschlußglied 22 schließt das gesamte Antriebssystem ein. Die Fixierung im Eisenrückschlußglied 22 erfolgt beispielsweise durch Verschraubung.

Das Meßspulensystem 19 dient zur Positionserfassung des Läufers 11. Die Beschaltung der beiden Spulenbereiche 20, 21 ist in Fig. 2 dargestellt. Die beiden Spulenbereiche 20, 21 sind in Reihe geschaltet und bilden zusammen mit zwei Widerständen 23, 24 eine Wheatstone'sche Vollbrückenschaltung. Diese Brückenschaltung wird an den Verknüpfungspunkten der Widerstände 23, 24 mit den Spulenbereichen 20, 21 von einem Wechselspannungsgenerator 25 gespeist. Die am Brückenquerzweig abgegriffene Meßspannung wird einem Verstärker 26 zugeführt, dem die Reihenschaltung eines Demodulators 27 mit einem Tiefpaß 28 nachgeschaltet ist. Das an einem Ausgangsanschluß 29 des Tiefpasses 28 abgreifbare Signal ist das aufbereitete Positionssignal und gibt die Position des Läufers 11 wieder.

Bei einer derartigen Positionsmeßeinrichtung nach dem Differential-Drossel-Prinzip müssen die beiden Spulenbereiche 20, 21 des Meßspulensystems 19 axial nebeneinander angeordnet und in Reihe geschaltet sein. Die beiden Spulenbereiche 20, 21 können dabei entweder als separate Spulen ausgebildet sein, oder eine einzige Spule besitzt einen Mittelabgriff. Wird der mit Ringmagneten 13-15 versehene Läufer 11 von einer Mittelposition aus in eine Richtung verschoben, so dringt er tiefer in den einen Spulenbereich ein und erhöht dadurch seine Impedanz, und gleichzeitig fährt er mit seinem hinteren Ende aus dem zweiten Spulenbereich heraus, was dessen Impedanz verringert. Das Potential des Abgriffs zwischen den Spulenbereichen 20, 21 verschiebt sich somit proportional zum Meßweg und erzeugt gegenüber dem konstanten Potentialabgriff an den Ohmschen Widerständen 23, 24 der Meßbrücke die dem Verstärker 26 zugeführte Meßspannung. Diese wird verstärkt, demoduliert, gefiltert und als wegproportionale Ausgangsspannung ausgegeben.

# Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Antriebssystem, insbesondere Linearantrieb, mit einem den Stator bildenden Antriebsspulensystem, das aus wenigstens zwei in der Antriebsrichtung hintereinander angeordneten Antriebsspulen besteht, mit einem wenigstens einen Permanentmagneten enthaltenden, in der Antriebsrichtung innerhalb des Antriebsspulensystems bewegbaren Läufer, mit einer Antriebs- und/oder Stellspannung zur Erregung des Antriebsspulensystems und mit einer Positionsmeßvorrichtung für den Läufer, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich ein zwei gleiche Spulenbereiche (20, 21) aufweisendes zusätzliches Meßspulensystem (19) im wesentlichen entlang des gesamten Antriebsspulensystems (18) erstreckt, wobei das Meßspulensystem (19) von einer Wechselspannung beaufschlagt ist und die Differenz der Spannungen an den beiden Spulenbereichen (20, 21) zur Bildung eines Positionsmeßsignals vorgesehen ist.
2. Antriebssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Ausbildung als Linearantrieb.
3. Antriebssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsspulensystem (18) und das Meßspulensystem (19) übereinander, angeordnet, insbesondere übereinandergeschoben oder -gewickelt sind.
4. Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Läufers (11) im wesentlichen der Länge eines Spulenbereichs (20, 21) des Meßspulensystems (19) entspricht.
5. Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spulenbereiche (20, 21) des Meßspulensystems (19) zusammen mit zwei Widerständen und/oder Induktivitäten (23, 24) eine Meßbrücke bilden, wobei das am Querzweig abgegriffene Signal zur Bildung des Positionsmeßsignals vorgesehen ist.
6. Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßsignal-Aufbereitungsanordnung (26-28) vorgesehen ist.
7. Antriebssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßsignal-Aufbereitungsanordnung (26-28) einen Meß- oder Differenzverstärker (26) enthält.
8. Antriebssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Meß- oder Differenzverstärker (26) ein Demodulator (27) und/oder ein Tiefpaß (28) nachgeschaltet ist.
9. Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (11) mehrere, in der Antriebsrichtung aneinandergereihte, radial magnetisierte Ringmagnete (13-15) aufweist.
10. Antriebssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringmagnete (13-15) abwechselnd entgegengesetzt polarisiert sind.
11. Antriebssystem nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei zweiphasigem Aufbau die axiale Länge eines Ringmagneten (13-15) der doppelten Länge einer Antriebsspule (17) entspricht.
12. Antriebssystem nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei dreiphasigem Aufbau die axiale Länge eines Ringmagneten der dreifachen Länge einer Antriebsspule entspricht.
13. Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es als zwei-

phasiges oder dreiphasiges System elektronisch kommutiert ist, daß bei zweiphasigem Aufbau die Hälfte der Antriebsspulen (17) eine erste Reihenschaltung und die andere Hälfte eine zweite Reihenschaltung bilden oder bei dreiphasigem Aufbau ein Drittel der Antriebsspulen eine erste Reihenschaltung und die anderen Drittel eine zweite und dritte Reihenschaltung bilden, wobei in einer Reihenanzordnung abwechselnd eine Antriebsspule (17) der ersten, eine Antriebsspule (17) der zweiten und, sofern vorhanden, eine Antriebsspule (17) der dritten Reihenschaltung vorgesehen ist, und daß in jeder der Reihenschaltungen abwechselnd entgegengesetzt gepolte Antriebsspulen (17) angeordnet sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

*This Page Blank (uspto)*

